

TARTU ÜLIKOOL
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Rait Merisaar

**Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju sooritusvõimele
vastupidavusala sportlastel**

The effect of high-intensity warm-up on the performance of the endurance athletes

Bakalaureusetöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:
Teadur, P. Purge, PhD

Tartu 2016

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	4
1. SOOJENDUS	6
1.2 Soojenduse üldine iseloomustus.....	6
1.3. Soojenduse füsioloogiline iseloomustus	7
1.4. Soojenduse mõju sportlase vaimsele poolele	8
2. SPORTLASTE TÖÖVÕIME VASTUPIDAVUSALADEL	9
2.2. Aeroobne töövõime	10
2.3. Anaeroobne ja submaksimaalne töövõime	11
3. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA SOOJENDUSE MÕJU	12
3.2 Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju jooksualade näitel.....	13
3.3. Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju väljakualade harrastajate näitel	16
3.4 Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju süsta aerutajate näitel	18
3.5. Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju jalgratturite näitel	21
KOKKUVÕTE	26
KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
SUMMARY	32

KASUTATUD LÜHENDID

CON – traditsiooniline ilma intensiivse komponendita soojendus, kontrollgrupp

HWU – kõrge intensiivsusega soojendus

PAP – lihase liigutusjärgne võimendumine

PWC – kehaline töövõime

PWC₁₇₀ – kehaline töövõime 170 vatise koormuse juures

SLS – südame löögisagedus

SLS_{max} – maksimaalne südame löögisagedus

T_{muscle} – lihasesisene temperatuur

TT – kindlaks määratud ajaline pingutus

VO₂ – hapnikutarbimine

VO_{2max} – maksimaalne hapnikutarbimine

SISSEJUHATUS

Igal füüsilist pingutust nõudval spordialal on läbi aegade tahetud välja selgitada kõige edukamaid atleete. Parimaks näiteks on kaasaegsed Olümpiamängud, aga ka erinevate spordialade maailmameistrivõistlused. Tõsiasi, et sportlik saavutusvõime on võistluspingutusel kõrgemal tasemel, kui sellele eelnevalt on sooritatud soojendus, on selgeks tehtud paljude uuringutega. Viimastel aastakümnetel on soojendust spetsiifiliselt erinevatel spordialadel küll uuritud, kuid puuduvad uuringud soojenduse intensiivsuse mõju kohta vastupidavuslikule töövõimele. Vaid viimastel aastatel on hakatud pisut rõhku pöörama ka sellele suunale, milmääral paraneb vastupidavusalade võistlustulemus, kui tavapärasele (pikaajalisele madalal intensiivsusel tehtavale) soojendusele on lisatud intensiivne (maksimaalselähedane lühiajaline) pingutus.

Suuremal määral on soojenduse intensiivsuse mõju uuritud just meeskonnaaladega tegelevate sportlaste peal, näiteks jalgpallurite või ragbimängijate. Mõnevõrra vähem materjali on kogutud individuaalaladega tegelevate sportlastega tehtud uuringutes, näiteks testides jalgrattureid või jooksjaid. Individuaalalade puhul leiab samamoodi suurema osa materjalist spordialadelt, kus pingutuse kestus on pigem lühikeseajaline - nii jooksmise kui jalgrattaspordi puhul on materjali rohkem pigem sprindidistantsidelt kui mitmeid minuteid kestvatest pingutustest. Eesti keelsena selline materjal kahjuks aga üldse puudub.

Antud töö ülesandeks on välja selgitada milmääral aitab tavalisest intensiivsem soojendus kaasa edukale võistluspingutusele vastupidavusaladel ning kas selliselt tehtaval soojendusel oleks nii öelda tulevikku. Ühtlasi ka luua vastavateemaline infopagas eesti keeles. Keskendutud on nii soojenduse aspektidele, vastupidavusala töövõimetele, kui ka kõrge intensiivsusega tehtavale soojendusele ning eelkõige viimase mõjule vastupidavuslikule töövõimele.

Töö koostamiseks on kasutatud Tartu Ülikooli andmebaasides kättesaadavaid teadusartikleid. Seega põhineb töö eelkõige samasisulistest artiklites esitatud andmestiku ja uuringutulemuste läbitöötamisel, saadud info selekteerimisel ning analüüsil.

Kindlasti tuleks antud teemale tulevikus suuremat tähtsust pöörata, lähenedes sellele just praktilise väärtusega uuringutulemuste kajastamisel, millistest saadud teadmiste ellurakendamisel võiksid erinevate vastupidavuslike spordialade võistlustulemused reaalselt paraneda.

Kõrge intensiivsusega soojendus, soojendus, vastupidavusala sportlased, submaksimaalne töövõime.

1. SOOJENDUS

Tänapäevases spordimaailmas on arvestatava ning teiste sportlastega konkureerimisvõimelise võistlussoorituse tegemisel väga oluline roll soojendusel. See on levinud ja kasutuses iga füüsilisi võimeid nõudva spordiala puhul. Küll aga ei ole leitud üheselt kõigile sportlastele sobivat soojenduse viisi, mistõttu toimub treenerite poolt soojenduse administreerimine ning sportlaste poolt selle läbiviimine paljuski katse-eksituse ja traditsionaalsuse meetodil – jätkatakse sellise soojenduse tegemist, mis on varasemalt toonud kaasa häid tulemusi ning pigem kardetakse eksperimenteerida uuega. Valel moel sooritatud soojendus võib aga võistlustulemusele mõjuda hoopis pärssivalt - kui soojendus on liiga pikaajaline või liiga intensiivne, siis kulutatakse selle käigus liiga palju energiat. Selline soojendus võib endaga kaasa tuua aga hoopis vigastusi võistluste ajal (McGowan et al., 2015).

1.2 Soojenduse üldine iseloomustus

Soojendus jaguneb eelkõige aktiivseks ja passiivseks soojenduseks (Bishop, 2003) vastavalt tehtava töö iseloomule. Passiivse soojenduse puhul tõstetakse kehatemperatuuri ja ärgitatakse organismi käivitama soojust eraldavaid mehhanisme läbi näiteks kuuma duši või lihaste manuaalse mõjutamise ehk masseerimise (Rodenburg et al., 1994). Aktiivne soojendus on aga valdavalt spordialaspetsiifilisem ning eelkõige sooritatakse võistlemisele sarnast erialaspetsiifilist tööd, kuid madalamal intensiivsusel (Christensen ja Bangsbo, 2015). Aktiivse soojenduse eesmärgiks on tõsta lihasesisest temperatuuri (T_{muscle}), kiirendada organismi üldist ainevahetust ning ühtlasi vältida vigastuste teket eelseisva võistlussituatsiooni jooksul (Ingjer ja Stromme, 1979). Kuigi passiivne soojendus ei ole võistluseelselt nii levinud ega laialdaselt kasutatav kui aktiivne, ei esine passiivse soojenduse puhul kadusid energeetilistes ressurssides (Mohr et al., 2004). Seega leiab passiivne soojendus kasutust pigem aktiivse soojenduse järgselt sellistes olukordades, kus soojenduse lõpetamise ja võistluspingutusega alustamise vahele jääb pikem ajaperiood. Passiivse soojenduse käigus püütakse kehatemperatuuri hoida tavapärasest kõrgemal tasemel, eriti selliste spordialade puhul, kus võisteldakse tulemuse peale järjekorras kordamööda, näiteks kergejõustiku puhul kettaheites (McGowan, 2015).

1.3. Soojenduse füsioloogiline iseloomustus

Soojenduse tegemisel tõuseb sportlastel kehatemperatuur, seetõttu ka lihasesisene temperatuur (T_{muscle}), mis viib omakorda lihase ainevahetuse (Gray et al., 2011) ja lihaskiu aktiveerumise kiiruse tõusuni (Pearce et al., 2012). Lihasesisese temperatuuri tõusuga suureneb ka lihasesiseste glükogeenivarude kättesaadavus ning jõu arendamise määr. Viimasest saavad konkreetselt kasu just sprinterid ja kestva kõrge intensiivsusega spordialade harrastajad, näiteks sõudjad (McGowan et al., 2015).

Parema võistlussoorituse tegemine eelneva korraliku soojenduse korral ongi tingitud eelkõige organismi temperatuurimehhanismide poolt. Varasemad soojenduse uurijad Asmussen ja Boje (1945) on oma uuringutes kindlaks teinud, et kõrgemate lihasesiseste temperatuuride korral on organismi töövõime kõrgemal tasemel võrreldes madalamate lihasesiseste temperatuuridega. Samuti on kindlaks tehtud, et esineb tugev seos lihaste poolt genereeritava võimsuse ja lihasesisese temperatuuri vahel – ühekraadne temperatuuritõus lihases suurendab järgneva kehalise töö sooritust 2 – 5 % olenevalt töö iseloomust ja lihaskontraktsiooni kiirusest (Bergh ja Ekblom, 1979). Seos esineb ka lihasesisese temperatuuri ning liigutuse kiiruse vahel (Sargeant, 1987).

Lisaks eelnevale tõusevad soojenduse käigus ka südame löögisageduse tõusu tõttu hapnikutarbimise (VO_2) näitajad. Sellest tulenevalt hakatakse lihastesse viima rohkem hapnikku (Burnley ja Jones, 2007) ning suureneb ka lihase liigutusjärgne võimendumine (PAP). See on lihases esinev seisund, mille tõttu lihase sooritus paraneb varasemate (võistlussituatsioonile eelnevate) lihaskontraktsioonide tõttu. Näiteks kui sportlasel on eesmärgiks sooritada maksimaalse kõrgusega kohapealt kõrgushüpe, tuleks parema tulemuse saavutamiseks võistluskatsele eelnevalt teha kolm kuni viis minutit enne pingutust viie kordusmaksimumise raskusega kangiga kükkimist (Sale, 2002).

1.4. Soojenduse mõju sportlase vaimsele poolele

Lisaks füüsilisele valmistumisele eelolevaks võistluspingutuseks on sportlastele oluline ka vaimne ettevalmistamine intensiivseks pingutuseks. Samuti annab soojenduse tegemine võimaluse kontsentreeruda soorituse tehnilistele aspektidele (Mujika et al., 2012).

Ühes Hispaanias läbi viidud soojenduse uuringus lasti treenitud sõudjatel ($n=14$) läbida maksimaalselt kümneminutiline distants (time-trial, TT) sõudeergomeetril Concept 2. Kõik uuringus osalevad sportlased sõudsid kahel korral kümne minuti pikkuse distantsi, kuid soojenduse pikkus ja ka intensiivsus olid sportlastel erinevad (Tabel 1). Ühel juhul oli soojendus ühe tunni pikkune, mis algas 20 minutilise ühtlase sõudmisega aeroobsel lävel intensiivsusega kuni 2 mmol/l. Sellele järgnes viieminutiline passiivne puhkus ning misjärel sõuti veel kümme minutit intensiivsusel kuni 2 mmol/l. Sellele järgnesid neli korda 20 progresseeruva intensiivsusega tõmmet kaheminutilise puhkuse järel, millele omakorda järgnes taas viieminutiline passiivne puhkus (Tabel 1). Seejärel tuli uuringus osalejatel sõuda kolm korda stardist esimesed 13 tõmmet maksimaalse võimsusega (kolm tõmmet stardiosa ja 10 tõmmet maksimaalselt) ning peale järgmist viieminutilist passiivset puhkust algas kümneminutiline võistluspingutus (Mujika et al., 2012). Teisel soojenduse juhul sõideti samamoodi aeroobsel lävel kuni 2 mmol/l intensiivsusega kümme minutit, millele järgnes viis minutit passiivset puhkust. Seejärel tuli sõuda kaks korda 20 progresseeruva intensiivsusega tõmmet kaheminutilise pausi järel, millele järgnes omakorda jällegi kümneminutiline passiivne puhkus, peale mida alustati võistluspingutusega (Tabel 1). Tulemustest selgus, et lühema soojenduse korral oli sportlaste tunnetusliku pingutuse tase väiksem, samuti ka võimsus distantsi esimesel 7,5 minutil. 30 minutilise soojenduse puhul rakendati $2,1\% \pm 1,3\%$ suuremal määral võimsust kui tunniajase soojenduse tegemisel. Erinevusi distantsi viimase neljandiku läbimise võimsusel ei täheldatud. Samuti toodi välja lühema soojenduse puhul väiksem südame löögisagedus enne pingutuse algust: pikemal, 60 minutilisel, soojendusel 100 ± 14 lööki/min, lühema, 30 minutilise, soojenduse puhul aga 102 ± 9 lööki/min. Ka vere laktaadisisaldus oli lühema soojenduse puhul vahetult enne starti madalam: lühema soojenduse läbimisel $1,2 \pm 0,2$ mmol/l, pikemal $1,7 \pm 0,4$ mmol/l (Mujika et al., 2012).

Tabel 1. Traditsioonilise Hispaania sõudjate soojenduse ja eksperimentaalse lühikese soojenduse programm 10 minutilise maksimaalse võistluspingutuse sooritamiseks (Mujika et al., 2012)

Pikk soojendus	Lühike soojendus
20 minutit aeroobsel lävel (-2mmol/l) sõudmine	10 minutit aeroobsel lävel (-2mmol/l) sõudmine
5 minutit passiivne puhkus	5 minutit passiivne puhkus
10 minutit aeroobsel lävel (-2mmol/l) sõudmine	2 x 20 progresseeruva intensiivsusega tõmmet 2 minutilise intervalliga
4 x 20 progresseeruva intensiivsusega tõmmet 2 minutilise intervalliga	10 minutit passiivne puhkus
5 minutit passiivne puhkus	10 minutilise võistluspingutuse start
3 x 13 tõmmet stardist maksimaalselt	
5 minutit passiivne puhkus	
10 minutilise võistluspingutuse start	
Kokku umbes 60 minutit	Kokku umbes 30 minutit

2. SPORTLASTE TÖÖVÕIME VASTUPIDAVUSALADEL

Kõik pikaajaliselt kestva lihastööga seotud spordialad esitavad märkimisväärsed nõudmisi organismi energiatootmismehhanismidele. Vastupidavusaladel on domineerivaks aeroobsed energiatootmismehhanismid ning vastupidavuse aluseks on aeroobse ja anaeroobse läve intensiivsuste järk-järguline tõstmine. Põhimõtteliselt põhinevad aga kõik vastupidavustreeningu süsteemid aeroobsete ja anaeroobsete treeningurežiimide kombinatsioonil (Tabel 2) (Jones ja Carter, 2000).

Tabel 2. Koormuse mõju spetsiifika sõltuvalt intensiivsusest (Viru, 1987).

Koormuse iseloom	ATP resünteesi põhimehhanism	Hapniku tarbimine (ml/min/kg)	Südame löögisagedus (lööki/min)	Laktaadi kontsentratsiooni tõus veres	Töö suutlik kestus
Aeroobne	Oksüdatiivne fosforüleerimine	28,0 – 35,0	140 – 160	1,5 – 2,0x	Üle 40 min
Aeroobne – anaeroobne	Oksüdatiivne fosforüleerimine + Glükolüütiline fosforüleerimine	35,0 – 42,0	160 – 180	2,0 – 6,0x	5 – 40 min
Anaeroobne laktaatne	Glükolüütiline fosforüleerimine	42,0	180 – 200	>6x	30 s – 5 min
Laktaatne	Kreatiinfosfaadi mehhanism	-	150 - 170	2 – 3x	Kuni 10 s

2.2. Aeroobne töövõime

Sportlase aeroobne töövõime näitab organismi võimekust kindlustada töötavaid lihaseid ja organeid piisava hapnikuga kehalise töö ajal, ilma et seejuures muutuks veres laktaadi produktsiooni ja eliminatsiooni vahekord (Secher et al., 1982). Aeroobset võimsust iseloomustatakse maksimaalse hapniku tarbimisega (VO_{2max} , ml/min/kg). Näiteks jõuvastupidavusalal, nagu sõudmisel saadakse kuni 86 % energiast 2000 m põhivõistlusdistanti läbimiseks aeroobsete energiatootmismehhanismide arvelt (Secher et al., 1982).

Kõrge oksüdatiivse töövõime aluseks ongi aeroobne lävi, mil vere laktaadisisaldus on 2 mmol/l ja mis peegeldab lihasesiseseid metaboolseid võimalusi. Seega - kui sportlase oksüdatiivne töövõime on kõrge, siis on tal võrreldes mitte vastupidavusala sportlastega:

- suurenenud mitokondrite arv ja maht,
- kõrge oksüdatiivsete ensüümide aktiivsus,
- suurenenud südame löögimaht,
- suurem mõjustatus aeglasele, väsimusele resistentsetele lihaskiududele,
- suurem müoglobiini hulk,

- kõrgem laktaadi tööaegse eemaldamise võimekus,
- paranenud kapillarisaatsioon koos üldlase verevarustusega,
- kõrgem rasvade energiaallikaks kasutamine.

(Phillips et al., 1996)

Peamiseks aeroobseks energiatootmismehhanismiks vastupidavusaladel on oksüdatiivne fosforüleerimine. See toimub hapniku juuresolekul mitokondrites (Kadenbach, 2012). Kõrgele tasemele treenitud vastupidavusalade sportlastel on mitokondrite hulk ja maht suurenenud võrreldes mittesportlastega. Mitokondrid on mõjustatavad vastupidavusliku treeninguga ning nende arv suureneb nii aeglastes, väsimusele resistentsetes, kui ka kiiretes, kiirelt väsivates, lihaskiududes (Howald et al., 1985). Samuti esineb statistiliselt usutav seos lihaskiu mitokondrite hulga ja maksimaalse hapniku tarbimise vahel (Howald, 1982).

Kuna vastupidavusaladega tegelevate sportlaste lihased töötavad üsna madalal võimsusel, on oksüdatiivse fosforüleerimise mehhanism neil küllaltki hästi arenenud. Mida suurem on aga lihaste oksüdatiivne potentsiaal, seda kõrgemal intensiivsusel suudetakse töötada aeroobsete energiatootmismehhanismide arvelt. Vastupidavusalade sportlastel on samuti oluline aeglaste lihaskiudude osakaal töötavates lihastes (Steinacker, 1993).

2.3. Anaeroobne ja submaksimaalne töövõime

Peamiseks anaeroobseks energiatootmise mehhanismiks on glükolüütiline fosforüleerimine, sest organismil on üldiselt suured süsivesikute varud (Steinacker, 1993). Anaeroobse töövõime üheks näitajaks on hapnikuvõlg, mis iseloomustab kättesaadava hapniku hulga ja energia vajaduse vahet (Bangsbo et al., 1993). Samuti näitab anaeroobsete mehhanismide võimekust laktaadi kuhjumine veres (Shephard, 1998). See kui palju laktaati verre koguneb sõltub eelkõige selle produktsioonist töötavates lihastes, aga ka laktaati lõhustavate organite (maks, süda, teised lihased) eliminatsioonivõimest (Mesonnier et al., 1997).

Maksimaalsed laktaadiväärtused on seoses anaeroobse lävega – mida kõrgem on anaeroobne lävi, seda madalamad on laktaadi väärtused (Steinacker, 1993). Sportlase

anaeroobne lävi saavutatakse hetkel, mil lisaks aeroobsele energia tootmisele hakatakse kasutama lisaks rasvadele järjest rohkem süsivesikuid. Vere laktaadikontsentratsioon on sel hetkel 4 mmol/l ning laktaadi produktsioon ja eliminatsioon on võrdsed. Anaeroobset läve on defineeritud ka füüsilise töö sellise intensiivsusega, mis on maksimaalselt suur, ilma et sportlane oleks viidud kurnatuseni (Stegmann ja Kindermann, 1982). Anaeroobse läve ületamisel ei suuda aga laktaati eemaldavad mehhanismid kogu tekkivat piimhapet lagundada ning seda piiri ületades tõusevad järsult nii vere laktaadisisalduse kui ka sportlase hingamissageduse näitajad. Anaeroobse läve tasemel treenides on lihaste kontraktiilsete ja oksüdatiivsete omaduste samaaegne mõjustamine tasakaalus. Samuti toimub vastupidavustreeninguid anaeroobsel lävel tehes, lisaks eespool toodud loetelule aeroobses tsoonis tehtavate treeningute plussidest, südamelihase kontraktiilsuse efektiivne mõjustamine ning ka laktaadi puhverdamise ja neutraliseerimise parandamine (Tabata et al., 1996).

Submaksimaalne töövõime tähendab töö intensiivsust maksimaalse lähedasel tasemel. Selle hindamiseks kasutatakse tihti peale anaeroobse läve ja kehalise töövõime näitajate (PWC_{170} , PWC) määramist. PWC_{170} iseloomustab kehalist töövõimet pulsisagedusel 170 lööki minutis. Mida suurem on antud südame löögisagedus, seda pikemaajaliselt jõutakse submaksimaalse tasemega intensiivsusel töötada (Klusiewicz et al., 1997).

3. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA SOOJENDUSE MÕJU

Traditsiooniliselt tehtav soojendus on tavaliselt erialaspetsiifiline pikaajaline töö, mida sooritatakse madalal intensiivsusel. Kõrge intensiivsusega soojenduse korral on aga traditsioonilisele soojendusele lisatud madalal intensiivsusel tehtava soojenduse osa lõppu intensiivne komponent. Kõrge intensiivsusega soojenduseks loetakse ka soojendust, mida tehakse kõrgemal intensiivsusel kui 50 % VO_{2max} -ist. Sellise soojenduse eesmärgiks on viia vere laktaadinäitajad kõrgemale tasemele (Stewart ja Sleivert, 1998).

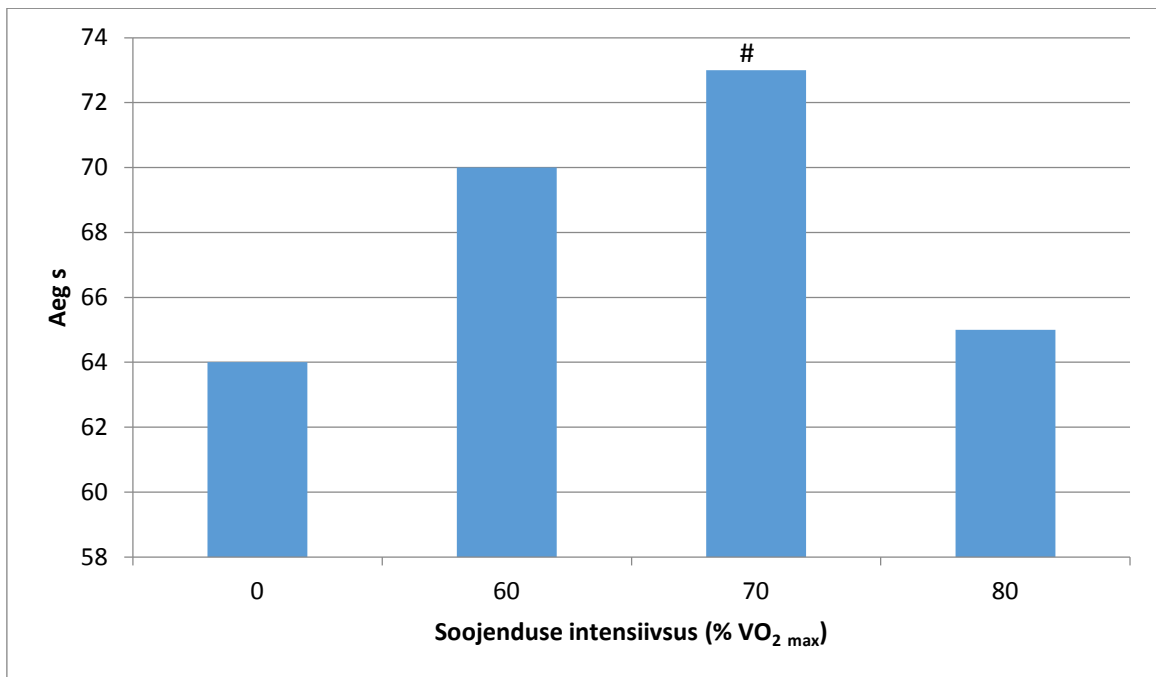
3.2 Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju jooksublaste näitel

Ühes Kanada uuringus püüdsid Stewart ja Sleivert (1998) välja selgitada erineva intensiivsusega tehtavate soojenduste mõju anaeroobsele töövõimele. Selleks lasti üheksal meessoost ragbimängijal (vanustega $21,7 \pm 1,6$ aastat) sooritada kõigepealt astmeline koormustest jooksublastil, et määrata nende aeroobne ja anaeroobne lävi.

Kokku uuriti nelja erinevat soojenduse viisi: ühel juhul soojendust ei tehtud, teisel juhul lasti sportlastel joosta 15 minutit linttrenažööril intensiivsusega 60 % -, kolmandal juhul 70 %- ja neljandal juhul 80 % maksimaalsest hapnikutarbimisest (VO_{2max}). Soojenduse programm nägi ette, et peale 15 minutit jooksu etteantud intensiivsusel, tuli sportlastel kolm minutit sooritada venitusharjutusi. Juhul, kui soojendust ei tehtud, istuti 15 minutit passiivselt, millele järgnes samamoodi kolme minuti pikkune venitamine. Viis minutit peale soojenduse lõpetamist (ühtlasi kaks minutit peale venitamise lõpetamist) algas submaksimaalne test: 13 km/h jooksmine 20 % tõusunurgaga jooksublastil suutlikkuseni. Aeg pandi käima hetkest, kui sportlane võttis käed käepidemetelt ära ning kell pandi seisma, kui ei suudetud enam jooksublastil püsida või haarati uuesti käepidemetest kinni.

Antud uuringu tulemustest selgus, et soojendusel on märkimisväärne olulisus jooksublasti tulemustele, sest iga soojenduse versiooni korral sooritati testi märgatavalt paremini kui üldse ilma soojenduseta. Soojendustel 60 % ja 70 % VO_{2max} -ist joosti hiljem testil välja kõige paremad tulemused (Joonis 1). Soojendus ilma aktiivse komponendita või ka intensiivsusel 80% VO_{2max} -ist ei andnud olulisi tulemusi (Joonis 1).

Antud uuringu kokkuvõtteks võib öelda, et erialaspetsiifiline soojendus 60 % ja 70 % VO_{2max} intensiivsusel parandas oluliselt töövõimet, mida selgitati asjaoludega, et sportlase südame löögisagedus, keha- ja ka lihasesisene temperatuur ning anaeroobne mahutavus olid sellise soojenduse tõttu tõusnud. Arvatav on ka, et töövõime paranemine sellisel intensiivsusel tehtava soojenduse puhul on seotud hüperemeia ehk liigveresusega, mis suurendab omakorda aeroobsete energiatootmismehhanismide intensiivistumist võistluspingutuse algusfaasis. Intensiivsusel 80% VO_{2max} tasemel tehtud soojendus oli aga juba liialt raske, kuhjates töötavatesse lihastesse juba enne võistluspingutusega alustamist liiga palju metaboliite, hoolimata viieminutilise taastumisajast soojenduse järgselt (Stewart ja Sleivert, 1998).



Joonis 1. Erinevatel maksimaalse hapnikutarbimise intensiivsustel tehtava soojenduse mõju maksimaalse suutlikkuseeni tehtavale jooksutestile Stewarti ja Sleiverti (1998) järgi (#-märkimisväärtus erinevus võrreldes 80 % VO_{2max} intensiivsusel tehtud soojendusega, $p < 0.05$).

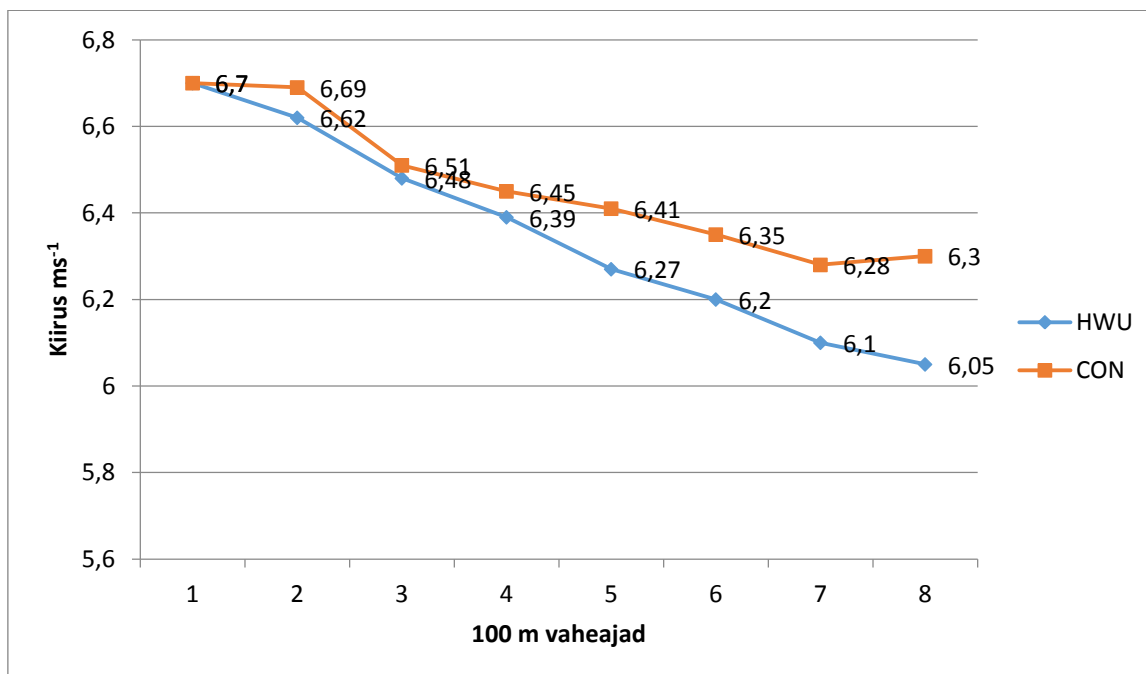
Soojenduse mõju uuringuid jooksualade sportlastel on viidud läbi eelkõige sprinterite peal (distsantsid 40 m kuni 400 m), vähemal määral ka keskmaajooksjatel (800 – 1500 m). Ühes 800 m keskmaajooksjate peal tehtud uuringus ($n=11$) püüdsid kõrge intensiivsusega soojenduse mõju 800 m jooksutulemustele selgitada välja Ingham et al. (2013). Seitse kõrgelt treenitud mees- ja neli naissoost keskmaajooksjat läbisid kahel korral siserajal 800 m pikkust distantsi, kummalgi juhul erineva soojendusega.

Kõigepealt viidi läbi astmeline koormustest jooksulindil, et määrata ära individuaalsed VO_{2max} ja VO₂ jooksukiiruse suhted. Kõik kolm testi viidi läbi kahe nädalase perioodi jooksul, kusjuures 800 m jooksude vahe oli vähemalt seitse päeva. Soojenduse ühel juhul lasti sportlastel 10 minutit joosta enda poolt valitud rahulikus tempos, millele järgnesid venitused ning 6 x 50 m kiirendused intervalliga, mis kulus sportlasel tagasi „starti“ jalutamiseks. Teisel soojenduse juhul joosti viimase osana kuue korduse asemel 2 x 50 m kiirendust ning 200 m võistlustempos. Jällegi vaid nii pika pausiga, mis kulus kiirenduse distantsi lõpetamise järgselt „starti“ jalutamiseks. Selliste kiirenduste järel lasti uuringus osalejatel 20 minutit passiivselt istuda, millele järgnes viis minutit enne starti veelkord 2 x 50 m jooksmine

võistlustempos. 800 m jooksu ajal registreeriti iga 100 m vaheaeg ning enne starti küsiti sportlastelt skaala 1 – 10 alusel kui heaks nad hindavad antud soojendust võistluspingutuseks, 1 tähistas mitte valmisolekut ja 10 väga suurt valmisolekut võistluspingutuseks. Kogu testi ja soojenduse vältel mõõdeti gaasianalüsaatori abil hapnikutarbimise markereid ning seitsmel korral võeti kõrvalestast vere laktaadiproove (Ingham et al., 2013).

Antud uuringu tulemustest selgus, et 800 m ajad olid märkimisväärselt paremad ($P<0.05$) kõrge intensiivsusega soojenduse järgselt ($124,5\pm 8,3$ s) võrreldes tavalise traditsioonilise soojendusega ($125,7\pm 8,7$ s). 100 m vaheaegade võrdlusest selgus, et kõrgemal intensiivsusel tehtava soojenduse mõju avaldub just 800 m neljandal ja viiendal ning seitsmendal ja kaheksandal distantisiosal ($P=0,8$) (Joonis 2). Samuti olid sportlased peale kõrge intensiivsusega soojenduse tegemist võistluspingutuseks valmis suuremal määral (HWU, $6,3\pm 1,0$ vs CON, $4,8\pm 1,7$; $P<0.05$). Vere laktaadisisaldus oli aga intensiivse soojenduse järgselt $1,8\pm 0,3$ mmol/l kõrgem (Ingham et al., 2013).

Kuigi kõrge intensiivsusega tehtud soojenduse puhul oli tulemus aegade võrdluses, võrreldes traditsioonilise soojendusega, vaid 1,2 sekundit parem (ca 1 %), on see eliittasemel võisteldes siiski märkimisväärselt ulatusega (Joonis 2).



Joonis 2. 800 m võistluspingutuse 100 m vaheaegade võrdlus kõrge intensiivsusega (HWU) ja traditsioonilise (CON) soojenduse puhul 800 m jooksjatel (Ingham et al., 2013).

3.3. Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju väljakualade harrastajate näitel

Väljakualadel (jalgpall, ragbi) osalevatele sportlastele on aktiivne soojendus väga oluline. Tavaliselt koosneb selline soojendus ühelt osalt jooksust ja teiselt venitusharjutustest ning sooritatakse ka erialaspetsiifilisi harjutusi, olenevalt eelseisvast mängusituatsioonist, kas palliga või ilma (Zois et al., 2011). Võistluseelne soojendusrutiin kestab tavaliselt kuni 30 minutit, millele järgneb enam-vähem 12 minutiline paus enne võistluse algust (Kilduff et al., 2013 ja Towlson et al., 2013). Andersoni et al. (2014) uuringust selgus, et võistluseelse soojenduse intensiivsus on väga oluline sprindivõimete puhul. Kui sellist kõrge intensiivsusega soojendust teha pisut kõrgemal, kui anaeroobse läve tasemel, olid tulemused võrreldes anaeroobse läve tasemest pisut madalamal intensiivsusel tehtava soojendusega paremad. Oluline on siin ka soojenduse lõpetamise ja võistluse alguse vahele jääva aja pikkus. Kolme kuni kaheksa minutilised puhkepausid soojenduse ja võistluse vahel on näidanud paremaid tulemusi korduvates erisuunalistes hüppeliigutustes ning korduva sprindi sooritamise võimes, kui pikemaajalised pausid soojenduse lõpu ja võistluse alguse vahel (Zois et al., 2013). Märgatavaid paranemisi kuni 20 meetri sprindil ei ole täheldatud (Till ja Cooke, 2014). Üldiselt peab aga soojendus olema lõppenud vähemalt 10 minutit enne mängu algust (Premier league handbook, 2014/2015), mis ka antud uuringuid läbi viies on pannud piirangud peale mitte oodata soojenduse lõpus kauem kui maksimaalselt 12 minutit. Westoni et al. (2011) uuringu põhjal on aga teise poolaja alguses sportlaste töövõime langenud. See on selgitatud asjaoluga, et poolaegade vahele jääva pausi jooksul ei tehta täiendavat soojendust, sest aega selleks jääks ainult kolm minutit. Ainuke teadaolev uuring, milles püüti välja selgitada kas kolmeminutilise perioodi jooksul teha võimaldatav täiendav soojendus tuleks kasuks, selgitas soojenduse kasulikkust. Zois et al (2013) lasid esimesel juhul enne teist poolaega sooritada jalgpalluritel kaks ringi kiiret intensiivset 2 vs 2 mängu, teisel juhul viie kordusmaksimumise raskusega jalapressi ning kolmandal juhul ei tehtud pausi ajal mingit täiendavat soojendust. Tulemustest selgus, et nii esimesel kui teisel juhul oli töövõime siiski paranenud võrreldes olukorraga kus täiendavat soojendust üldse ei tehtud. Täiendava soojenduse tegemise sooritust parandav mõju oli selgitatud samamoodi organismi temperatuurimehhanismide poolt, sest nii 2 vs 2 mängu kui ka jalapressi puhul tõsteti organismi kehatemperatuuri, mis kaasas endaga teisigi füsioloogilisi töövõimet parandavaid mehhanisme (Zois et al., 2013).

Veel ühes jalgpallurite peal läbi viidud soojenduse uuringus katsetasid Zois et al. (2015) kolme erineva kõrgema intensiivsusega soojenduse mõju mängusituatsioonidele. 10

heal tasemel ja vähemalt viie aastase spordiala kogemusega meessoost Itaalia jalgpallurit, kelle peal uuring läbi viidi, olid vanusega $23,3 \pm 2,5$ aastat, pikkusega $1,78 \pm 0,04$ m, kehamassiga $69,1 \pm 4,1$ ning maksimaalse südame löögisagedusega 191 ± 8 lööki minutis. Uuringus võrreldi viie kordusmaksimumise raskusega tehtava jalapressi, kiire intensiivse lühiajalise mängu ja klassikalise (professionaalsel tasemel tehtava) soojenduse mõju jalgpallis ettetulevatele kehalistele pingutustele. Vastavalt iga soojenduse järgselt tuli sportlastel sooritada 15 üheminutilise kestusega harjutust. Ülesanneteks olid nii sprindi-, slaalomi- kui ka tagurpidijooksu harjutused, aga ka kiirete suunamuutustega jooksu-, kõnni-, sõrgi- ja takistustest ülehüppamise harjutused.

Iga soojenduse puhul tuli kõigepealt joosta viis minutit 60 % SLS_{max} intensiivsusega. Sellele järgnes üks kolmest eksperimentaalsest soojenduse variandist: intensiivne lühiajaline 3 vs 3 mäng (kaks minutit mängu kahe minuti pausi järel kolm korda), jalapress viie kordusmaksimumiga (viis kordust) või klassikaline professionaalne – 23 minutit kestav soojendus, mis hõlmas endas kuus minutit keharaskusega kükkide, põlve- ja sääretõste jooksu ringe, üheksa minutit erialaspetsiifilisi harjutusi (nt edasi-tagasi sprinti ja suunamuutustega jooksuharjutusi) ning kuus minutit pallikontrollimise harjutusi. Professionaalse soojenduse kestel oli ka üks 60 sekundi- ja kaks 30 sekundi pikkust passiivset puhkepausi.

Peale mistahes soojenduse tegemist järgnes neljaminutiline passiivne puhkus ning algas 15 minutit kestav protokoll eelpool kirjeldatud jalgpallis ettetulevate kehalisi võimeid proovile panevate harjutustega. Sellist 15 minuti pikkust aktiviteeti sooritati kaks korda, intervalliga kaheksa minutit. Mõlema 15 minuti järel mõõdeti sportlaste vertikaalse hüppe kõrgust, reaktsioonivõimet ning korduva sprindi võimekust samas järjekorras. Iga mõõtmistulemuse vahele jäi üks minut passiivset puhkust. Samuti mõõdeti vere laktaadisisaldust ning südame löögisagedust.

Põhiline Yo-Yo tulemus ja viie kordusmaksimumiga jalapressi tulemused olid 1640 ± 104 m ning 88 ± 8 kg. Võrreldes professionaalse soojendusega saadi sarnaselt paremad tulemused eksperimentaalsete soojenduste (mäng või jalapress) puhul suunamuutustega hüppe kõrguses (peale esimest 15 minutit $6,0 \pm 4,0$ %; $P=0.03$ ja peale teist 15 minutit $4,6 \pm 4,0$ %; $P=0.04$). Reaktsioonikiirus paranes rohkem jalapressi puhul ($3,1 \pm 2,6$ %; $P=0.04$ esimese 15 min järgselt, teise 15 min järgselt $5,7 \pm 2,7$ %; $P=.001$) võrreldes mänguga. Ka korduva sprindijooksu võime oli kõige parem jalapressi puhul just peale teist 15 minuti pikkust protokoll (võrreldes esimese 15 minutiga). 20 meetri sprindivõimele aitas samuti kaasa just viie kordusmaksimumiga tehtav jalapress soojendusel. Südame löögisageduses olulisi erinevusi ei

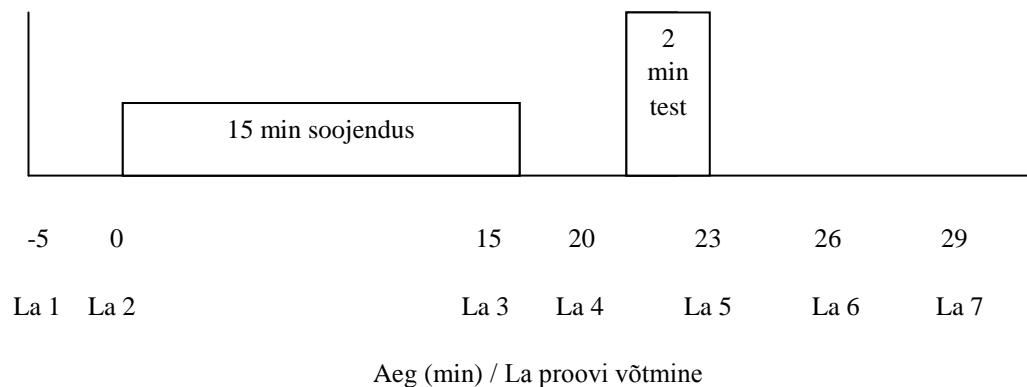
täheldatud, kuid vere laktaadimarkerid olid peale teist 15 minutilist protokollit täitmist jalapressi sooritamise puhul kõrgemal kui 3 vs 3 mängu puhul ($46,7 \pm 18,6 \%$, $P=0.01$).

Selle uuringu kokkuvõtteks võib väita, et viie kordusmaksimumiga tehtavad viis jalapressi harjutust tõstavad sooritusvõimet jalgpallis ette tulla võivate kehaliste harjutuste sooritamiseks kõige rohkem võrreldes alternatiividena välja pakutud lühiajalise intensiivse 3 vs 3 mängu ja traditsioonilise professionaalsel tasemel jalgpalli mängivate atleetide hulgas tehtava soojenduse protokollidega. Seega võib järeldada, et taolise jalapressi protokollit sooritamine soojenduse vältel enne 30 minutit kestva jalgpallimängu jaoks võib parandada tulemusi. Samuti võib selle teadmise alusel lühendada jalgpallimängu soojenduse kogupikkust ning suurendada hoopis selle intensiivsust. Küll aga on selline teadmine rakendatav esialgu vaid tiimialade puhul, sest teistel, sh individuaalalade puhul, ei ole sellist konkreetset soojenduse programmi veel uuritud.

3.4 Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju süsta aerutajate näitel

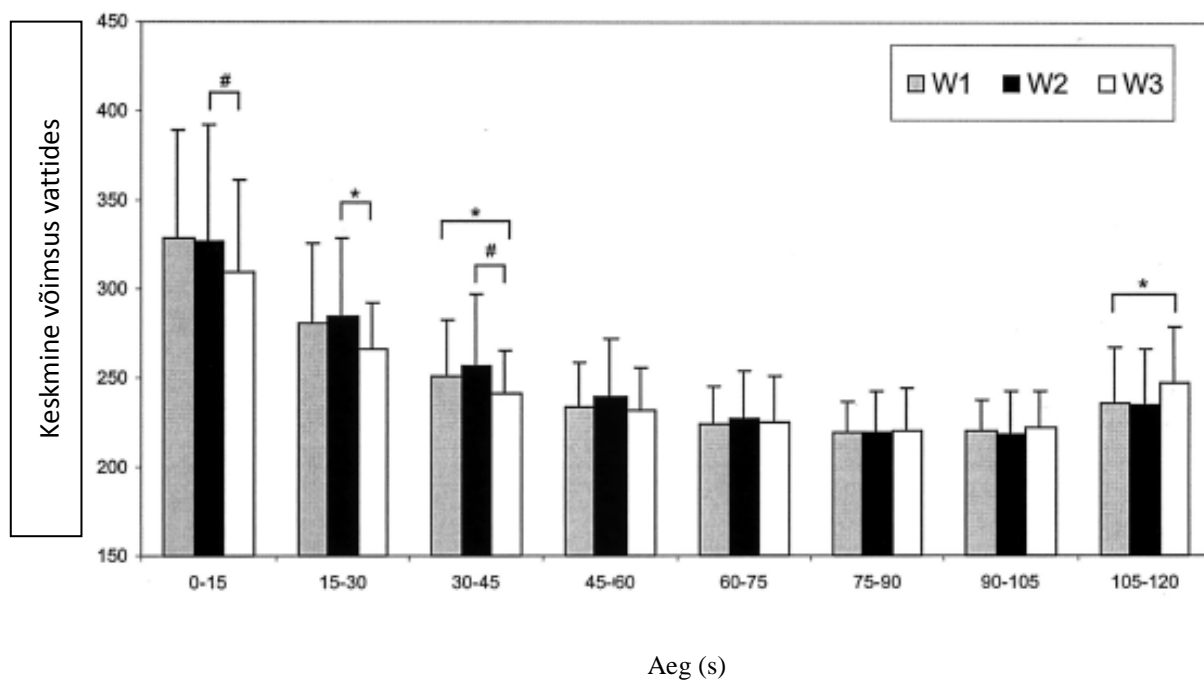
Erinevate intensiivsustega tehtava soojenduse mõju on uuritud ka süsta aerutajate peal. Bishop et al. (2001) lasid kaheksal Austraalia aerutajal sõita kolmel korral maksimaalselt kahe minuti pikkust testi süstaergomeetril. Testimine leidis aset kahe nädalase perioodi jooksul nii, et konkreetne sportlane sõitis testi alati samal kellaajal ning kahe testimise vahele jäi vähemalt 48 tunnine periood. Enne testimiste algust sõitsid kõik astmelist koormustesti, et määrata ära sportlaste maksimaalne hapnikutarbimine (VO_{2max}), anaeroobne lävi ning laktaadi parameetrid. Koormustesti protokoll oli järgmine: iga viie minuti järel tõsteti koormust 15 vatti, esimene koormus oli 55 vatti ning enne iga uut koormust oli ühe minuti pikkune paus vereproovi võtmiseks. Koormustesti sooritati suutlikkuseni.

Testimiste soojendused olid vastavalt kas 15 minuti pikkune aerutamine aeroobse läve ($W1$), anaeroobse läve ($W3$) või segarežiimi ($W2$) intensiivsusel. Soojendusele järgnes viie minuti pikkune passiivne puhkus, misjärel alustati kahe minuti pikkuse maksimaalse pingutusega süsta ergomeetril. Testimise jooksul võeti uuritavatelt laktaadiproove viis minutit enne soojenduse algust, soojenduse lõppedes ning ühe -, nelja - ja seitsme minuti järel peale pingutuse lõppemist (Joonis 3).



Joonis 3. Süsta aerutamise ergomeetri testi protokoll koos laktaadi võtmise aegadega Bishop et al. (2001) järgi.

Antud uuringu tulemustest selgus, et märkimisväärsed erinevusi rakendatud maksimaalses võimsuses (W1: $438,12 \pm 82,97$; W2: $446,38 \pm 105,45$; W3: $433 \pm 98,81$) ega keskmises võimsuses (W1: $249,10 \pm 27,49$; W2: $250,95 \pm 31,85$; W3: $245,32 \pm 24,90$) ei esinenud, küll aga kui keskmine võimsus jaotati 15 sekundi pikkusteks osadeks (Joonis 4), leiti et segarežiimis tehtud soojenduse (W2) korral oli keskmine võimsus märkimisväärselt suurem teisel ja kolmandal 15 sekundi pikkusel distantisi osal võrreldes anaeroobse läve intensiivsusel tehtud soojenduse (W3) korral. Distantisi viimasel 15 sekundil oli aga märkimisväärne erinevus kolmanda soojenduse korral võrreldes kahe ülejäänud soojenduse variandiga ($P < 0.05$) (Joonis 4).



Joonis 4. Süsta aerutajate aeroobse läve (W1), anaeroobse läve (W3) ja segarežiimi intensiivsusel (W2) tehtud soojenduse mõju kahe minuti maksimaalsele süsta ergomeetri testi tulemustele 15 sekundiliste jaotustena Bishop et al. (2001) järgi. * $P < 0.05$, # $P < 0.10$.

Uuringu kokkuvõtteks võib öelda, et kui pingutuse korral on sellele eelnev puhkeperiood fikseeritud, siis soojenduse intensiivsuse valikul on suur mõju lõpptulemusele. Kuigi keskmises võimsuses ei olnud peale aeroobse läve intensiivsusel (W1) tehtava soojenduse (ca 55 % VO_{2max}) ega segarežiimis (W2) tehtud soojenduse (ca 65 % VO_{2max}) korral suuri erinevusi, oli anaeroobse taseme intensiivsusel (W3) tehtud soojenduse puhul märkimisväärne paranemine testi esimesel 60 sekundil (ca 75 % VO_{2max}).

3.5. Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju jalgratturite näitel

Jalgratturite peal tehtud uuringute põhjal aga leiti (Wittekind, Beneke, 2011), et pikemaajaline kõrgemal intensiivsusel tehtav soojendus ei too endaga kaasa paremaid tulemusi sprindi distantidel, võrreldes lühemaajalise soojendusega, mille lõpus sooritatakse mõned üksikud intensiivsed pingutused. Jalgratturitega tehtud uuringutes on rõhutatud väga olulisena aktiivse soojenduse viisi valikut sõltuvalt võistluspingutuse pikkusest. Wittekindi ja Beneke (2011 ja 2012) uuringutes lasti jalgratturitel sooritada kolme erinevat soojenduse tüüpi. Igal juhul alustati soojendust viieminutilise rattasõiduga intensiivsusel 40 % VO_{2max} -ist, misjärel sõideti ühe minuti jooksul vastavalt 40 % -, 80 % - või 110 %-se intensiivsusega maksimaalsest hapnikutarbimisest. Võistluse alguse ja soojenduse lõpu vahele jäi 10 minutit passiivset puhkust. Võistluspingutusena sooritati vastavalt kas 60 sekundiline (2011) või 30 sekundiline (2012) maksimaalne sprint. 110 %-sel intensiivsusel VO_{2max} -ist tehtud soojenduse korral jäi vere laktaadisisaldus peale soojendust kuni võistluspingutuse alguseni suhteliselt kõrgeks (4 mmol/l), 80 %-sel intensiivsusel tehtud soojenduse korral aga 2 mmol /l ning 40 %-se soojenduse juures umbes 1 mmol/l. 60 sekundit kestnud maksimaalsel pingutusel ei olnud atleetidel aga erilist erinevust maksimaalses võimsuses võrreldes 30 sekundilise pingutusega. 30 sekundilise pingutuse juures saadi aga parimad tulemused just 40 %-sel intensiivsusel tehtud soojenduse puhul. Sellest tehti järeldus, et laktaaditasemel veres on suurem roll lühikesel 30 sekundi pikkusel pingutusel kui pikemal 60 sekundi pikkusel pingutusel (Wittekind et al., 2012).

Jalgratturite puhul kõrge intensiivsusega soojenduse uuringud pikematel kui sprindidistantidel puuduvad, kuid pigem pooldatakse lühema- kui pikemaajalist soojendust. Tomarase ja MacIntoshi (2011) uuringust selgub, et standardne jalgratturite soojendus põhjustab jalgratturitel hoopis väsimust ning ei võimalda võistlussoorituse aegselt enam rakendada maksimaalset võimsust. Sprindi trekisõiduks tehtav traditsiooniline soojendus kestab ligi 50 minutit ning selle jooksul tehakse 20 minutiline soojendus intensiivsuse tõusuga 60 % südame löögisageduse pealt kuni 95 %-se SLS-ini. Sellele järgneb neli kiirendust kaheksaminutilise intervalliga (Tomaras ja MacIntosh, 2011). Eksperimentaalne soojendusprogramm oli ajaliselt lühem ning sisaldas lühemaajalist intensiivset osa – 15 minutilise soojenduse intensiivsus tõusis 60 % SLS_{max} -i pealt 70 %-ni ning sellele järgnes ainult üks sprint. Võistluspingutusena sooritati 30 sekundiline maksimaalne pedaalimine, nn Wingate test veloergomeetril. Tulemustest selgus, et pikema (traditsioonilise) soojenduse puhul olid sportlaste väsimusenäitajad suuremad kui lühikese eksperimentaalse

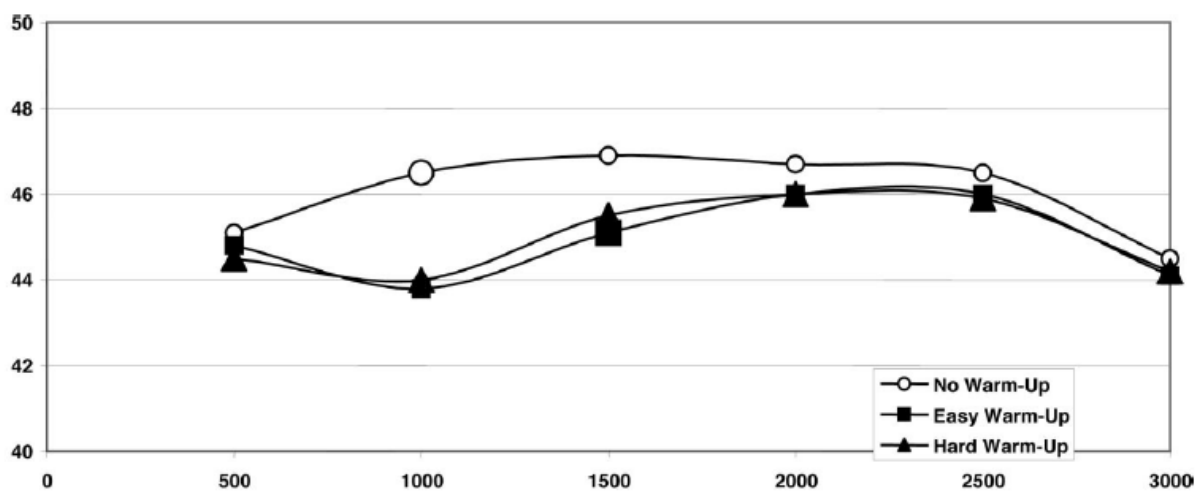
soojendusprogrammi puhul. Seda esiteks seetõttu, et traditsiooniline soojendus on sprindi (algsest ettenähtud 200 m sõidu jaoks) liiga pikk (ca 50 min), teisest küljest tehakse liiga palju (6 tk) kiirendusi. Märkimisväärseid erinevusi südame löögisageduses neil kahel soojendusel ei olnud (eksperimentaalsoojenduse puhul $74 \pm 0,8$ % SLS_{max} , klassikalise soojenduse puhul $94 \pm 0,8$ % SLS_{max}). Ka vere laktaadinäitajad olid sarnased. Seega võib selle uuringu kokkuvõtteks öelda, et jalgratturite soojenduse puhul ei anna pikaajaline soojendus ega küllaldane intensiivsete lühikeste lõikude sooritamine enne võistlust sprindidistantsidel märkimisväärselt paranenud tulemusi (Tomaras ja MacIntosh, 2011).

Veel ühes jalgratturite ja triatleetide põhjal tehtud uuringus lasid Hajoglou et al. (2005) sportlastel sõita kolme erineva soojendusprotokolliga kolme kilomeetrit maksimaalselt. Atleedid ($n=8$, keskmine vanus 31 ± 8 aastat, pikkus 178 ± 5 cm, kehamass $73,1 \pm 4,2$ kg) pidid kõigepealt läbima astmelise koormustesti veloergomeetril. Uuritavad läbisid kokku neljal korral kolme kilomeetri pikkust testi. Esimene kord oli tutvustav test, mis algas viieminutilise soojendusega. Ülejäänud kolm soojenduse varianti administreeriti uuritavatele juhuslikkuse alusel. Ühel juhul soojendust ei tehtud, vaid sportlane istus passiivselt veloergomeetril kuus minutit enne testi algust. Teisel juhul (kerge soojendus) sõideti 15 minutit jaotatuna kolmeks osaks: viis minutit intensiivsusega 70 % -, 80 % - ja 90 % anaeroobse läve intensiivsusest. Sellele järgnes kaheminutiline passiivne puhkus enne võistluspingutusega alustamist. Kolmanda soojenduse (raske soojendus) korral sõideti samuti 15 minutit soojendust jaotatuna osadeks: viis minutit intensiivsustega 70 % -, 80 % - ja 90 % maksimaalsest ventilatsioonist. Sellele järgnes kolme minuti pikkune pedaalimine anaeroobse läve intensiivsusel ning seejärel kuueminutiline passiivne puhkus enne võistluspingutusega alustamist. Vere laktaadiproovid võeti enne soojendusega alustamist, soojenduse lõppedes, 30 sekundit enne võistluspingutuse algust ja üks, kolm, viis ja kümme minutit peale pingutuse lõppu (Hajoglou et al., 2005).

Tulemustest selgus, et esines märkimisväärne erinevus kolme kilomeetri läbimiseks kulunud aegades olenevalt soojenduse valikust (Tabel 3). Nii teise ($266,8 \pm 12,0$ sekundit) kui kolmanda ($267,3 \pm 10,4$ sekundit) soojenduse korral oli tulemus oluliselt parem ($P < 0.05$) võrreldes ilma soojenduseta ($274,4 \pm 12,1$ sekundit) läbitud kolme kilomeetriga (Tabel 3) (Joonis 5).

Tabel 3. Ilma soojenduseta, kerge soojenduse ja raske soojenduse mõju kolme kilomeetri maksimaalsele läbimisele Hajoglou et al. (2005) järgi.

	Raske soojendus	Kerge soojendus	Soojendus puudub
Distsants (m)	Aeg (s)		
500	44,2±4,5	44,8±4,2	45,8±6,0
1000	87,7±7,1	87,9±7,1	91,5±6,3
1500	132,7±8,6	132,4±9,1	138,1±8,1
2000	178,2±9,7	177,8±10,5	184,4±9,8
2500	223,7±10,8	223,3±11,9	230,6±11,8
3000	267,3±10,4	266,8±12,0	274,4±12,1



Joonis 5. Aegade võrdlus kolme kilomeetri distantsi läbimiseks erinevate soojendusviisi (vastavalt: ilma soojenduseta, kerge ja raske soojendus) valikutega Hajoglou et al. (2005) järgi.

Samuti olid vere laktaadimarkerid palju kõrgemal tasemel peale raske soojenduse läbimist. Suuri erinevusi võistluspingutusega alustamise ajal ei täheldatud, sest raske soojenduse korral oli passiivse puhkuse aeg enne pingutust pikem (Hajoglou et al., 2005).

Antud uuring peegeldas soojenduse olulisust veloergomeetril kolme kilomeetri pikkuse distantssi läbimisel parema tulemuse sooritamiseks. Olulisi erinevusi kergema ja raskema soojenduse vahel ei leitud (Hajoglou et al., 2005).

Tuginedes mitmetele varasematele uuringutele on leitud, et anaeroobses tsoonis tehtava pingutuse korral on töövõime ja glükolüüsi protsessi käigus energia saamise kiirus mõjutatud, kui organismi laktaaditase on viidud enne võistluspingutusega alustamist juba kõrgemale tasemele (Bishop et al., 2001; Iaia et al., 2010). Bogdanise et al. (1994) jalgratturite põhjal tehtud uuringust selgus, et laktaadi kuhjumine verre on ca 50 % aeglasem, kui soojenduse käigus tehtud intensiivne eelpingutus viidi läbi kätega. See on oluline sellepärast, et järgneva võistluspingutuse ajal sportlased käsi olulisel määral ei kasutanud (Bogdanis et al., 1994). Sarnaseid tulemusi tõid oma uuringus välja ka Iaia et al. (2010). Nemad uurisid võistluspingutusele eelneva intensiivse kehalise töö mõju ainevahetusele ning väsimuse tekkimist intensiivse kehalise töö ajal. Ratturitel tuli pedaalida peale eelpingutust kaks minutit 130 % intensiivsusega maksimaalsest võimsusest. Eelpingutuseks oli kas 30 sekundiline, kolme minutiline või kahetunnine kehaline töö (Iaia et al., 2010). Tulemuste põhjal tõdeti, et kuni kahe minuti pikkuse maksimaalse pingutuse korral eelnev lihase madal pH ning glükogeeni kättesaadavus mõjutasid glükogenolüüsi, glükolüüsi ning koormusaegse edasise väsimuse teket.

Kõrgema laktaaditasemega võistluspingutuse alustamise mõju vastupidavuslikule töövõimele uurisid ka Müller et al. (2015). Oma uuringus lasid nad viiel (vanustega $25,8 \pm 3,7$ aastat, pikkustega $180,6 \pm 6,5$ cm, kehamassidega $78,3 \pm 3,1$ kg, VO_{2max} $51,33 \pm 6,96$ ml.min⁻¹.kg⁻¹) jalgratturil sõita kahel korral viie minuti pikkust testi. Esimesena tuli läbida astmeline koormustest. Viie minuti testi koormus määrati 40 vatti kõrgemale tasemele võrreldes selle koormusega, mille juures laktaadikõver tegi koormustestil teise järsu hüppe ehk et testi sõideti pisut üle anaeroobse läve intensiivsusel (koormus $239,6 \pm 20,1$ vatti). Ühel juhul tuli enne testi soojenduse käigus sooritada 40 sekundi pikkune intensiivne pingutus kätega velotrenažööril, et tõsta vere laktaadinäitajad kõrgemale tasemele. Sellisel juhul järgnes kätega pingutusele üheksa minuti pikkune passiivne puhkus. Vere laktaadiproove võeti peale soojendust, peale iga minutit võistluspingutuse jooksul ning taastumise ajal (Müller et al., 2015).

Ilma eelpingutuseta viie minuti pikkust testi läbides saadi laktaadiväärtuse tõusuks testi lõppedes $8,97 \pm 1,68 \text{ mmol.l}^{-1}$. Kätega tehtud eelpingutus tõstis taseme $13,63 \pm 1,83 \text{ mmol.l}^{-1}$, kuid La juurdekasv $3,95 \pm 0,60 \text{ mmol.l}^{-1}$ (44 %) võrreldes ilma eelpingutusega testiga. Laktaadikontsentratsioon veres saadi seega eelpingutuse korral pisut kõrgemale tasemele kui oli laktaaditase ilma eelpingutuseta testi lõppedes, kuid pärast eelpingutust laktaadi juurdekasv veres aga oluliselt vähenes. Taastumise aegsel laktaadikontsentratsiooni vähenemisel veres märkimisväärseid erinevusi ei leitud. Samuti ei olnud erinevusi kahe soojendusviisi korral maksimaalses võimsuses (Müller et al., 2015).

Võistluspingutuse eelne kõrge laktaaditase pärsib glükolüüsi. Seega võib liiga intensiivne soojendus vahetult enne starti piirata anaeroobsete energiatootmismehhanismide tööd. Seda eriti juhul, kui on tegemist pikemaajalise kõrge intensiivsusega pingutusega. Kõrge intensiivsusega soojendus võib olla aga ka kasulik, olenevalt spordialast, sest intensiivne komponent soojenduse lõpus tõstab oksüdatiivset ainevahetust. Sellest võib kasu olla näiteks mägisuusatajatele (Müller et al., 2015).

KOKKUVÕTE

Kuigi võistluseelse soojenduse tegemine on spordis väga levinud ja mingil määral ka uuritud, jäävad õhku paljud küsimused. Suurem osa kõrge intensiivsusega sooritatava soojenduse uuringutest põhineb just sprindi- ja lühiajaliselt sooritatavate intensiivsete pingutuste uurimisel või meeskonnaalade (ragbi, jalgpall) uurimisel. Näiteks antud töös väljatoodud uuringutes, mis on läbi viidud jalgratturite põhjal, selgus et lühiajalistele maksimaalsetele sprindi tulemustele aitab kõrge intensiivsusega soojendus kaasa. Uuring, kus tuli veloergomeetril läbida juba kolme kilomeetri pikkust distantsti, ei andnud aga enam erinevusi soojenduse valikus. Seetõttu tuleks erinevate spordialade kontekstis uurida nii sprindi- kui ka pikema distantsti korral antud teema asjakohasust. Hetkel uuringud pikemaajaliste intensiivset pingutust nõudvate spordialade kohta puuduvad. Näiteks nii head jõu- kui ka vastupidavuslikku võimekust nõudva spordiala – akadeemilise sõudmise puhul, kus võistluspingutuse kestus on olenevalt paadiklassist ja ilmastikutingimustest ca 6 – 7 minutit.

Uuringud, milles püütakse välja selgitada mitmete soojendusvõimaluste positiivset mõju, peaksid rohkem keskenduma kasuliku informatsiooni pakkumisele treeneritele ja sportlastele. Samamoodi tuleks põhjalikumalt uurida passiivse soojenduse kasulikku mõju sellistel aladel, kus soojenduse ja võistluspingutuse vahele jääb enam kui 10 – 15 minutiline paus või kus võistlussooritust tehakse mitmes osas vahepeale jääva pausiga.

Kõrge intensiivsusega soojendust on hetkel maailmas veel üldse vähe uuritud, edaspidistes uuringutes tuleks eelkõige rõhku pöörata just sellele aspektile, et uuringu tulemustest saadaks sellist informatsiooni, mille ellurakendamisel reaalses olukordades võiks eeldada sporditulemuste senisest paremaks muutumist või ka seni saavutatud taseme realiseerimist subjektiivselt väiksema energiakuluga. Ka antud töös väljatoodud uuringute põhjal võib järeldada, et soojendusele intensiivse komponendi lisamine on paljuski individuaalse kasuga (lisaks distantsti pikkusele) – ühele sobib, teisele mitte, samasugune ühele sobib – teisele mitte erinevus tuleb välja ka spordialati. Näiteks Inghami keskmajooksu uuringus paranes tulemus seitsmel sportlasel 11-st. Selline tulemus viib seniste uuringute teise valukoha juurde – seni läbiviidud uuringutes ei ole olnud väga palju osalejaid, uuringud on läbi viidud alati ca 10 – 15 sportlasega. Samuti on uuringud olnud väga spordialaspetsiifilised. Soojendust, antud juhul kõrgel intensiivsusel tehtavat, tuleks uurida edasi ka teiste populaarsete spordialade näidetel.

Käesoleva bakalaureusetöö võimalik edasiarendus seisneks väljavalitud konkreetsele spordialale kõrge intensiivsusega soojenduse väljatöötamises ning katsetamises tuginedes seni kogutud andmetele.

KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) Asmussen E, Boje O. Body temperature and capacity for work. *Acta Physiologica Scandinavica* 1945, 10: 1 – 22.
- 2) Bangsbo J, Michalic L, Petersen A. Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 1993, 14: 207 – 213.
- 3) Bergh U, Ekblom B. Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1979, 107: 33 – 37.
- 4) Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medicine and Science Sports Exercise*, 2001, 33: 1026 – 1032.
- 5) Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 2003, 33: 439 – 454.
- 6) Bogdanis G. C, Nevill M. E, Lakomy H. K. Effects of previous dynamic arm exercise on power output during repeated maximal sprint cycling. *Journal of Sports Sciences*, 2003: 13 – 20.
- 7) Burnley M, Jones A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*, 2007, 7: 63 – 79.
- 8) Christensen P.M, Bangsbo J. Warm-up strategy and high-intensity endurance performance in trained cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10: 353 – 360.
- 9) Football Association Premier League Limited. Premiere league handbook. London: Football Association Premiere League Limited, 2014/2015.
- 10) Gray S. R, Soderlund K, Watson M, Ferguson R.A. Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflügers Arch*, 2011, 462: 885 – 893.
- 11) Hajoglou A, Foster C, De Koning J. J, Lucia A, Kernozek T. W, Porcari J. P. Effect of warm-up on cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2005, 37: 1608 – 1614.

- 12) Howald H, Hoppler H, Claasen H, Mathieu O, Straub R. Influences of endurance training on the ultrastructural compositions of the different muscle fiber types in humans. *Pflügers Arch*, 1985, 403: 369 – 376.
- 13) Howald H. Training induced morphological and functional changes in skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 1982, 3: 1 – 12.
- 14) Iaia F. M, Perez-Gomez J, Nordsborg N, Bangsbo J. Effect of previous exhaustive exercise on metabolism and fatigue development during intense exercise in humans. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2010: 619 – 629.
- 15) Ingham S. A, Fudge B. W, Pringle J. S, Jones A. M. Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2013, 8: 77 – 83.
- 16) Ingjer F, Stromme S.B. Effects of active, passive or no warm-up on the physiological response to heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 1979, 40: 273 – 282.
- 17) Jones A.M, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine* 2000, 29: 373 – 386.
- 18) Kadenbach B. Introduction to mitochondrial oxidative phosphorylation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2012, 748: 1 – 11.
- 19) Kilduff L. P, West D. J, Williams N, Cook C. J. The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2013, 16: 482 – 486.
- 20) Klusiewicz A, Faff J, Zdanowicz R. The usefulness of PWC₁₇₀ in assessing the performance determined on a rowing ergometer. *Biology of Sport* 1997, 14: 127 – 132.
- 21) McGowan C, Pyne D, Thompson K. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. 2015, 1524
- 22) Mesonnier L, Freund H, Bourdin M, Belli A, Lacour J. Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 1997, 3: 396 – 401.
- 23) Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen J.J, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches beneficial effect of re-warm-up at half time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2004, 14: 156 – 162.
- 24) Mujika I, Gonzalez de Txabarri R, Maldonado-Martin S, Pyne D.B. Warm-up Intensity and Duration's Effect on Traditional Rowing Time-Trial Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2012, 7: 186 – 188.
- 25) Müller A, Tschakert O, Moser W, Gröschl P, Hofmann P. High-intensity warm-up, inhibition of glycolysis, and its practical consequences. *Institute of Sports Science, Exercise Physiology*

- and Training Research Group University of Graz, Austria. 6th International Congress on Science and Skiing 2013.
- 26) Pearce A. J, Rowe G. S, Whyte D. G. Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2012, 15: 164 – 168.
 - 27) Phillips S.M, Green H.J, Tarnopolsky M.A, Heigenhauser G.J, Grant S.M. Progressive effect of endurance training on metabolic adaptations in working skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 1996, 270: E265 – 272.
 - 28) Rodenburg J.B, Steenbeek D, Schiereck P, Bar P.R. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 1994, Oct, 15: 414 – 419.
 - 29) Sale D. G. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Science Reviews*, 2002, 30: 138 – 143.
 - 30) Sargeant A. J. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1987, 56: 693 – 698.
 - 31) Secher N, Vaage O, Jensen K, Jackson R. Maximal aerobic power in oarsmen. *Journal of Applied Physiology*, 1982, 51: 155 – 162.
 - 32) Shephard R.J. Science and medicine of rowing: a review. *Journal of Sports Science*, 1998, 16: 603 – 620.
 - 33) Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise tests at individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4-mmol.l⁻¹ lactate. *International Journal of Sports Medicine*, 1982, 3: 105 – 110.
 - 34) Steinacker J, Physiological aspects of rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 1993, 14: 3 – 10.
 - 35) Stewart I. B, Sleivert, G. G. The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 1998, 27: 154 – 161.
 - 36) Zois J, Bishop D, Aughey R. High-Intensity warm-ups: effects during subsequent intermittent exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10, 498 – 503.
 - 37) Zois J, Bishop D, Fairweather I, Ball K, Aughey R. J. High-intensity re-warm-ups enhance soccer performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2013, 34: 800 – 805.
 - 38) Zois J, Bishop D. J, Ball K, Aughey R. J. High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011, 14: 522 – 528.

- 39) Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, Yamamoto K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and $\text{VO}_{2\text{max}}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1996, 28: 1327 – 1330.
- 40) Till K. A, Cooke C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, 23: 1960 – 1967.
- 41) Tomaras E. K, MacIntosh B. R. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. *Journal of Applied Physiology*, 2011, 1 – 35
- 42) Towlson C, Midgley A. W, Lovell R. Warm-up strategies of professional soccer players: practitioners' perspectives. *Journal of Sport Science* 2013, 31: 1393 – 1401.
- 43) Weston M, Batterham A. M, Castagna C, Portas M. D, Barnes C, Harley J, Lovell R. J. Reduction in physical match performance at the start of the second half in elite soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2011, 6: 174 – 182.
- 44) Viru A. Sportlik treening. Tallinn, Valgus, 1987.
- 45) Wittekind A, Beneke R. Metabolic and performance effects of warmup intensity on sprint cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2011, 21: 201 – 207
- 46) Wittekind A, Cooper C. E, Elwell C. E, Leung T. S, Beneke R. Warm-up effects on muscle oxygenation, metabolism and sprint cycling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, 11: 3129 – 3139.

SUMMARY

The purpose of this study was to find out if and how high-intensity warm up contributes to better sporting achievement on the endurance athletes. In order to get information, many articles of sports science about warm up, high-intensity interval training, submaximal work loads, aerobic and anaerobic capacities etc, were worked through.

It has been widely accepted that warming up prior any kind of physical activities is beneficial in order to get good results. This study examined different warming-up protocols from different sports. Many researches done on cyclists suggest that if the sport event is not longer than three minutes, high-intensity warm up might help to get better results because of a shift to an increased oxidative metabolism. Sporting events lasting more than 3 – 5 minutes has not been investigated yet.

Unfortunately, this subject field is not fully understood and needs further research. Although every research approves the importance of warming up, there are still not many articles about the topic. Also, the researches examined in this study had no more participants than 10 – 15 sportsmen as well as the topic has not been examined on more than a couple of different sports, like cycling or rugby.

Mina, Rait Merisaar

(sünnikuupäev: 15.04.1994)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Kõrge intensiivsusega soojenduse mõju sooritusvõimele vastupidavusala sportlastel, mille
juhendaja on Priit Purge, PhD.
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas
digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas
digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, 09.05.2016.